



Aider l'élève à comprendre le fonctionnement de la physique et son articulation avec la vie quotidienne

Gaidioz Pierre, Jacques Vince, Andrée Tiberghien

► To cite this version:

Gaidioz Pierre, Jacques Vince, Andrée Tiberghien. Aider l'élève à comprendre le fonctionnement de la physique et son articulation avec la vie quotidienne. Bulletin de l'Union des Physiciens (1907-2003), 2004, 98 (866), pp.1029-1042. halshs-00376634

HAL Id: halshs-00376634

<https://shs.hal.science/halshs-00376634>

Submitted on 18 Apr 2009

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Aider l'élève à comprendre le fonctionnement de la physique et son articulation avec la vie quotidienne

par **Pierre GAIDIOZ**

Lycée Branly - 69005 Lyon

INRP - UMR ICAR

pierre.gaidioz@ac-lyon.fr

Jacques VINCE

Lycée Ampère - 69002 Lyon

INRP - UMR ICAR

jacques.vince@ac-lyon.fr

et **Andrée TIBERGHIE**

Directrice de recherche CNRS

UMR ICAR - groupe COAST

CNRS - Université Lyon 2 - ENS LSH - ENS Lyon - INRP

andree.tiberghien@univ-lyon2.fr

RÉSUMÉ

Cet article est une réflexion issue du travail d'un groupe de recherche-développement de l'académie de Lyon (groupe « Outils »), soutenu et financé par l'INRP (Institut national de recherche pédagogique) et ayant réuni pendant trois ans, de 1998 à 2001⁽¹⁾, des chercheurs en didactique et des enseignants [1]. Il approfondit les sujets abordés dans un article précédent au sujet de l'activité de modélisation en physique, en proposant des outils plus opératoires pour enseigner afin d'aider l'élève à distinguer le monde matériel d'une part, les théories et modèles qui permettent de le décrire ou de l'interpréter d'autre part. En partant du constat que les élèves en situation d'apprendre de la physique doivent confronter des connaissances issues de la vie quotidienne et des connaissances de la physique, nous proposons à l'enseignant deux outils principaux :

- ♦ *marquer la distinction entre objets-événements et modèles, en explicitant d'une part les choix et démarches des physiciens, d'autre part les choix de l'enseignant lorsqu'il soumet à l'étude une situation matérielle ;*
- ♦ *exercer sa vigilance quant aux termes qu'il utilise, en particulier lorsque le sens dans la vie quotidienne diffère largement du sens en physique.*

Si ces outils peuvent être utilisés pour n'importe quel type d'enseignement de physique,

(1) Le travail réalisé par ce projet de recherche-développement se poursuit actuellement au sein d'un groupe analogue nommé SESAMES (Situations d'enseignement scientifique : activités de modélisation, d'évaluation, de simulation). Les séquences d'enseignement réalisées sont disponibles sur le site de l'académie de Lyon et concernent à la fois la physique et la chimie, mais le présent article concerne la physique.

nous listons cependant quelques caractéristiques d'une gestion de classe qui nous paraît favoriser leur mise en place et leur efficacité pour l'apprentissage des élèves.

INTRODUCTION

Il est maintenant bien connu que les élèves trouvent la physique difficile. Ce constat est en particulier confirmé par de nombreux travaux de didactique sur les conceptions des élèves. Dans cet article, nous voulons dépasser ce constat en nous situant dans l'action, celle de l'enseignant de physique au lycée.

Cette affirmation de la difficulté de la physique enseignée au lycée peut paraître surprenante pour le physicien puisqu'il s'agit le plus souvent d'une physique élémentaire, développée pour l'essentiel entre le XVII^e et le XIX^e siècle, même si des connaissances plus récentes sont parfois introduites. De la même façon, cette difficulté ressentie par les élèves est en décalage avec l'impression de simplicité de la physique souvent ressentie par le professeur. Ceci pose des problèmes de communication entre enseignants et élèves. De notre point de vue, l'enseignant et le chercheur en didactique doivent mener à ce sujet une réflexion, sans se limiter aux explications externes à la discipline concernant les générations actuelles d'élèves de lycée (perte du sens de l'effort, culture du zapping...). Cette réflexion a été pour nous le moteur de la mise au point de nouveaux modes de communication entre l'enseignant et ses élèves pour, d'une part diminuer les difficultés (sans diminuer le niveau de compréhension), d'autre part redorer le blason de la discipline. Dans cet article, nous proposons deux « outils » qui permettent à l'enseignant d'être opérationnel en ce sens quand il enseigne la physique à ses élèves, aussi bien pour la préparation d'une séance que pendant son déroulement. Ils viennent en complément des pistes de réflexion dégagées dans un article précédent [2], qui se basaient essentiellement sur une analyse des savoirs connus ou à construire (tableau « Niveaux de modélisation des savoirs connus ou à construire »).

1. OUTIL LIÉ AU FONCTIONNEMENT DE LA PHYSIQUE

1.1. Le fonctionnement de la physique

Si apprendre la physique consiste à interpréter le monde matériel et faire des prévisions, alors il faut que l'élève en ait conscience. L'une des caractéristiques essentielles de la physique est de proposer des théories et des modèles qui permettent d'analyser ou d'interpréter des situations matérielles qui constituent leur champ de validité ; dans certains cas ils permettent aussi de faire des prévisions de certains événements. Pour y parvenir, le physicien doit souvent simplifier, idéaliser, modéliser la situation expérimentale, même lorsqu'elle est élémentaire. Il doit faire des choix, accepter de perdre des données objectives et d'en privilégier d'autres.

Par exemple, choisir de décrire le mouvement d'un solide en décrivant le mouvement d'un de ses points est un choix de modélisation qui dépend de l'objectif que l'on s'est fixé. Ce choix s'accompagne a priori

d'une perte d'informations qui doit être explicite. Il ne s'agit pas de « réduire » l'objet à un point mais de choisir un point : c'est en ce sens que nous considérons que l'expression « point matériel », si couramment utilisée (légitimement) par le physicien, entretient pour un élève débutant la confusion entre un objet et son modèle.

Nous pensons que ces démarches de modélisation, en physique, sont dans la même perspective que celles des chercheurs et que l'élève peut ainsi percevoir progressivement comment fonctionne la discipline. Dans la suite de l'article, pour simplifier, nous regroupons la théorie et le modèle sous le terme « modèle ».

De fait, dans l'enseignement de la physique, on demande souvent à l'élève d'interpréter des situations déjà épurées pour s'ajuster au mieux à la physique enseignée, ou en TP de faire un montage, de mesurer, de calculer [3]. Dans ces cas, l'élève est certes actif, mais ne dispose pas des moyens de comprendre que les théories et modèles physiques permettent d'expliquer et de faire des prévisions ou des validations expérimentales du modèle. Ce chemin entre une situation réelle et la situation déjà modélisée proposée dans un exercice ou un TP est souvent occulté. Cet implicite contribue à renforcer l'arbitraire ressenti par l'élève, au prétexte que le physicien n'étudierait que des « choses qui n'existent pas », par exemple un monde sans frottement. Il est donc indispensable non pas de diminuer ou de masquer l'écart entre situation matérielle réelle et situation épurée « de physique » mais au contraire de rendre cette étape explicite. Pour cela l'élève doit apprendre à distinguer les situations matérielles des théories et modèles. C'est davantage dans les allers-retours entre situations et modèles que l'élève va donner du sens au modèle que dans la manipulation du modèle pour lui-même (*cf.* figure 1). La recherche en didactique de la physique montre que ce sont justement ces allers-retours qui posent le plus de difficultés aux élèves et auxquels ils devront donc apporter une attention particulière.

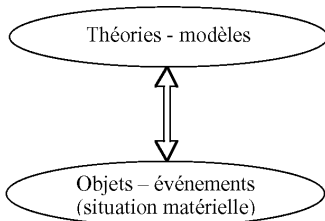


Figure 1 : Analyse du savoir à enseigner.

Il n'est pas toujours facile pour l'enseignant de situer ses propos du côté des situations, du modèle ou des relations entre les deux. Quels outils propose-t-on à l'enseignant pour qu'il puisse aider les élèves à distinguer ces deux mondes ?

1.2. Premier outil : expliciter la distinction entre objets-événements et modèles

Nous proposons deux moyens pour favoriser l'explicitation de la distinction entre objets-événements et modèles.

1.2.1. Expliciter à l'élève les choix et les démarches des physiciens

Distinguer « le monde des objets et événements » et « le monde des modèles » permet d'explicitier les démarches du physicien et donc d'éviter d'enseigner de façon trop dogmatique une physique que l'élève risque alors de ressentir comme arbitraire. Cette pratique donne aussi des éléments à l'enseignant pour convaincre ses élèves quand il introduit de nouveaux savoirs car il peut alors les insérer explicitement dans une démarche scientifique. Les relations difficiles pour les élèves, mentionnées ci-dessus, entre objets-événements et modèles peuvent alors être débattues en classe.

Cette explicitation peut concerner les choix des physiciens dans l'histoire des sciences quand ils construisent des modèles mais également les raisons pour lesquelles une situation donnée est modélisée de telle ou telle façon et ce que l'on gagne ou ce que l'on perd à procéder ainsi.

On peut par exemple décrire une même situation avec deux modèles différents selon l'objectif visé (décrire un montage électrique à l'aide d'un modèle électrocinétique ou à l'aide d'un modèle énergétique). On peut aussi illustrer le passage d'un modèle à un autre (faire apparaître qu'un modèle électrocinétique est insuffisant pour interpréter le fait qu'une pile s'use).

1.2.2. Expliciter à l'élève les choix du professeur pour concevoir et modéliser une expérience

Le choix de l'expérience (matériel, déroulement) et des tâches qui l'accompagnent est la plupart du temps ignoré de l'élève car dicté par des impératifs qui lui sont étrangers (par le modèle sous-jacent, par des questions de coût ou d'organisation institutionnelle). L'élève risque d'être dérouté si l'on ne prend pas le temps de lui expliciter les choix prévalant à l'élaboration du dispositif ou si on ne lui montre pas l'intérêt de procéder de cette manière. Ce sera particulièrement le cas avec les montages « clés en main » proposés par les fournisseurs de matériel pédagogique qui mettent l'accent sur les éléments pertinents pour le modèle, mais à ce stade ignorés de l'élève, et qui gommant ce qui est accessoire pour gagner du temps et éviter le tâtonnement. En d'autres termes, nous considérons qu'il peut être profitable pour l'élève d'avoir conscience du fait que l'expérience a souvent été construite dans une démarche de modélisation.

Plus généralement, l'explicitation et la justification des choix sous-jacents à une expérience et à sa modélisation évitent de déconcerter l'élève qui aurait probablement fait d'autres choix.

Enfin, les activités de modélisation s'accompagnent presque systématiquement d'une représentation symbolique qui, elle aussi, implique des choix. C'est le cas d'une schématisation légendée proche de ce que l'élève a sous les yeux. C'est aussi le cas d'une représentation symbolique beaucoup plus riche incluant des éléments du modèle mais beaucoup plus éloignée de la situation matérielle : représentations de forces, d'un montage en optique ou d'une pile en chimie. Chaque représentation permet de mettre en avant un

ou plusieurs aspects du modèle (ou de la situation décrite) et ce choix n'est jamais anodin. Ainsi, les changements de représentations, s'ils sont explicités, aident également l'élève à prendre conscience des démarches de modélisation.

Les repères qui permettent de différencier les objets et événements des modèles et l'explicitation des choix faits par les physiciens pourraient selon nous, en intégrant le domaine des connaissances à acquérir, faire l'objet d'une évaluation au même titre que les contenus disciplinaires habituels. Cette évaluation est importante car il nous semble que ces points sont un passage obligé de l'enseignement si l'on souhaite améliorer l'apprentissage des élèves et leur procurer un certain intérêt pour la discipline.

2. OUTIL LIÉ AUX CONNAISSANCES UTILISÉES PAR LES ÉLÈVES : VIE QUOTIDIENNE ET PHYSIQUE

2.1. Connaissances issues de la vie quotidienne et connaissances de la physique

La distinction entre la description ⁽²⁾ des situations matérielles et leur interprétation à l'aide d'un modèle conduit l'enseignant à une utilisation vigilante du vocabulaire. Il part souvent de situations courantes qui font appel à la vie quotidienne de l'élève ou sont externes à l'école. Il s'appuie ainsi sur un contexte quotidien pour introduire de nouvelles notions, ce que suggèrent d'ailleurs les programmes officiels. L'argument principal pour une telle pratique, que nous ne remettons pas en cause, est l'implication et donc la motivation de l'élève.

Ces situations courantes vont favoriser la mobilisation par l'élève de ses connaissances de la vie quotidienne. Celles-ci peuvent interférer avec les connaissances de physique enseignées et amener ainsi à des difficultés de compréhension entre le professeur et l'élève.

Cette interférence entre les deux types de connaissances, qu'elle soit bénéfique ou gênante selon les cas, peut se faire selon deux modalités différentes que nous détaillons ci-après.

2.1.1. Interférence par le sens des mots

Il y a en physique des concepts qui sont désignés par des mots ou expressions (cf. figure 2) :

- (1) du langage courant avec des significations différentes de celles de la vie de tous les jours : par exemple *énergie*, *force*, *puissance*, *action* ou *agir*, *accélération* ou *accélérer*, etc. ;
- (2) utilisés quasi exclusivement en classe de physique par les élèves : *conductivité*, *gravitation*, *énergie potentielle* ou *cinétique*, *vitesse angulaire*, etc.

(2) Nous sommes bien conscients que la description est déjà une interprétation, mais nous entendons ici la description au sens où elle se fait dans les termes désignant des objets et des événements observables.

Il y a également des objets ou des événements qui sont désignés par des mots ou expressions :

- (3) du langage courant avec souvent des sens identiques (ou proches) en physique et dans la vie quotidienne : *voiture, appareil de mesure, ou tomber, toucher, vibrer, devenir, etc.* ;
- (4) quasi exclusivement utilisés en classe de physique par les élèves : *table à coussin d'air, échelle de perroquet, multimètre, oscilloscope, GBF, etc.*

Nous proposons la figure 2 ci-dessous pour situer les quatre catégories précédentes⁽³⁾.

Les termes correspondant aux cas (1) et (3) sont donc utilisés dans les deux contextes. Lorsqu'ils désignent des concepts (cas 1), les sens sont souvent différents (exemple : accélérer ou poids ; contre-exemple : vibration). Lorsqu'ils désignent des objets ou des événements (cas 3), les sens sont souvent identiques ou similaires.

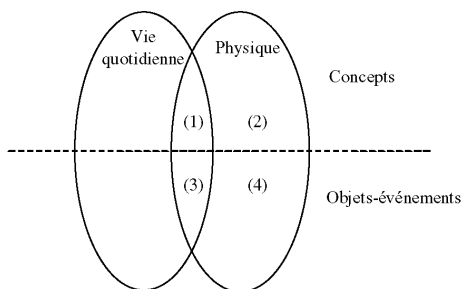


Figure 2 : Différents cas pour le sens des mots, selon leur usage dans la vie quotidienne et en physique.

C'est donc surtout dans le cas (1) (plus rarement dans le cas (3)) que l'interférence entre « usage en physique » et « usage du quotidien » peut être la plus gênante lors de l'enseignement en tant que source d'ambiguïté de sens pour l'élève. Pour aider l'élève à lever ces ambiguïtés, le contexte d'utilisation des termes devrait être explicité clairement, aussi bien dans le discours oral de l'enseignant que dans les documents écrits remis aux élèves (y compris exercices et évaluations) ou les notes prises par les élèves.

2.1.2. Interférence par les intuitions

Au-delà des simples mots, des interprétations de la vie courante peuvent ne pas convenir en sciences, ou au moins être nuancées.

Par exemple, l'idée selon laquelle il faut qu'une force soit exercée sur un objet en déplacement (force très liée à la vitesse de l'objet) est un raisonnement opératoire pour interpréter de très nombreuses situations quotidiennes.

- (3) La représentation adoptée est volontairement « orthogonale » à celle de la figure 1 car il est possible d'identifier d'une part des objets et événements d'autre part des modèles, aussi bien dans la vie quotidienne qu'en physique (voir article précédent déjà mentionné).

Une partie du travail de l'enseignant va alors consister à faire étudier des situations révélant les limites ou les contradictions de ce raisonnement de façon à ce que l'élève en prenne conscience et se montre vigilant. Cette préoccupation permet d'aider certains élèves motivés par les sciences, faisant preuve d'intuition ou d'imagination mais incapables de distinguer ce qui relève du sens commun de ce qui relève des sciences car leur système d'explication est souvent riche et sans faille manifeste. Ils passent sans transition d'un système explicatif à l'autre et ce manque de rigueur a pour résultat un travail non structuré sanctionné par l'enseignant. Ce dernier peut parvenir à aider de tels élèves à prendre conscience de leur fonctionnement en leur demandant de préciser de quel point de vue ils se placent, physique ou quotidien.

La recherche en didactique a produit de nombreux résultats qui permettraient de rendre plus performant l'enseignement de la physique de ce point de vue. Il reste à les faire connaître aux enseignants. Par exemple, il serait très utile de signaler dans les commentaires de programmes les erreurs classiques des élèves (comme dans les « fiches connaissances » des nouveaux programmes du Plan de Rénovation des Sciences à l'École) et de proposer des contenus d'enseignement qui permettent aux enseignants de mieux les prendre en compte.

L'exemple du retrait de la chambre noire des contenus d'enseignement des programmes de collège mis en place en 1993 est une bonne illustration de retombée de la recherche : on parlait d'image aux élèves alors qu'il n'y avait pas de formation d'image au sens de la physique (pas de système optique). Depuis 1997, la chambre noire est citée au BOEN en collège et continue d'être présente sans précaution dans de nombreux manuels scolaires, y compris au lycée.

De même, dans la partie optique du programme actuel de la classe de première S, il est intéressant de voir figurer le paragraphe « 1. Conditions de visibilité d'un objet » avec les connaissances et savoir-faire exigibles suivants :

- ♦ un objet ne peut être vu que s'il est éclairé ou s'il émet de la lumière ;
- ♦ un objet ne peut être vu que si la lumière provenant de cet objet arrive dans l'œil.

Ces connaissances semblent peu ambitieuses. Or, des travaux ont montré que ces deux points « ne sont pas des lois contraignantes pour le raisonnement d'adultes cultivés. Une proportion faible s'y tient rigoureusement. Les autres raisonnent comme si la lumière était elle-même un objet visible d'un peu partout » [4]. Il nous paraît important que les programmes aient pris en compte de tels résultats. De même, il est intéressant de lire dans les commentaires de ces programmes : « Le professeur veillera à ce que l'expression "rayon lumineux" ne soit pas mal interprétée et ne laisse pas croire aux élèves que l'on "voit la lumière" ».

En revanche, à propos des lentilles minces, d'autres travaux ont montré qu'entre 40 et 55 % d'étudiants (même après un cours d'optique) « pensent que l'image peut se former même sans lentille. Presque tous ces étudiants déclarent que l'image est alors redressée ». 46 % d'étudiants en DEUG pensent que si on masque une partie de la lentille, on ne verra plus d'image ou seulement une partie de celle-ci [4]. De tels résultats, comme de nombreux autres, mériteraient d'être portés à la connaissance des enseignants.

2.2. Second outil : être vigilant sur le vocabulaire utilisé

2.2.1. Expliciter les différences de sens selon le contexte

Comme nous l'avons montré dans le paragraphe précédent, les termes utilisés peuvent avoir des sens différents selon le contexte d'utilisation (physique ou quotidien),

il est alors important que l'enseignant explicite les différents sens d'un même terme selon ce contexte.

Pour l'enseignant, prendre conscience de ces différents sens, lorsqu'il prépare une séance et lorsqu'il enseigne, lui permettra d'exercer une vigilance constante quant au langage utilisé et constituera donc un réel outil pour enseigner en favorisant la compréhension des élèves. Cette vigilance lui permet d'explicitier à ses élèves les significations plus ou moins différentes selon le contexte.

Quant aux élèves, ceci les aide à prendre conscience de la variété de la signification de certains mots qu'ils connaissent et utilisent déjà et qu'ils vont utiliser pour « faire de la physique », donc dans un nouveau contexte. Cette prise de conscience contribue à la rigueur du savoir scientifique qui impose qu'un terme qui désigne un concept physique ou même un objet technique ait un sens précis. Ceci n'est pas le cas dans le langage courant où un mot peut prendre des significations variées ce qui fait la richesse d'une langue. Il est donc nécessaire de faire prendre conscience à l'élève de cette rigueur par une utilisation précise des termes scientifiques.

Le mot « force » permet de bien illustrer ce point de vue. En physique, il va être utilisé pour modéliser l'action d'un système sur un autre, c'est une grandeur d'interaction. On va dire « la force qui modélise l'action du système A sur le système B » ou « le système A exerce sur le système B une action modélisée par une force de n Newton »... Dans le dictionnaire du Trésor de la Langue française, ce terme prend des significations différentes [5]. Le premier sens proposé est « Énergie musculaire qui permet à un être vivant de réagir face à d'autres êtres, d'agir sur son environnement. Synon. robustesse, vigueur » et le deuxième sens : « La force comme degré d'intensité de qqc., ou exprimant une grandeur, une quantité »... De plus, des expressions du dictionnaire comme force normale, force contre-électromotrice ou force du sang, force conservatrice utilisée en politique montrent combien il est nécessaire d'aider les élèves à maîtriser la différence de significations d'un même mot suivant le contexte.

Nous pourrions bien sûr multiplier les exemples, quel que soit le niveau d'enseignement : par exemple poids au collège, accélérer ou accélération en terminale S (accélérer dans la vie quotidienne, c'est aller de plus en plus vite ou appuyer sur l'accélérateur...).

Notre point de vue n'est surtout pas de laisser croire qu'il y a un usage correct et un usage incorrect. L'usage quotidien n'est pas un mauvais usage, sa fonctionnalité en étant la meilleure preuve (si en voiture je dis que j'accélère, tout le monde me comprend et pourtant le sens du mot n'est pas le sens scientifique). Nous préférons expliciter à l'élève que, selon le contexte (quotidien ou scientifique), tel usage risque d'être inapproprié. Ceci impose donc de :

- ◆ distinguer les différents sens selon le contexte ;
- ◆ éviter l'ambiguïté au sujet du contexte lorsqu'on pose une question à l'élève ou profiter de cette ambiguïté pour lancer un débat ;
- ◆ bien préciser le sens dans lequel on utilise le terme lorsqu'on enseigne.

2.2.2. Utiliser un vocabulaire traduisant la différence entre les objets-événements et les modèles

L'outil qui vient d'être décrit s'intéresse à la différence de sens selon le contexte

mais concerne aussi bien les termes servant à décrire des situations matérielles que ceux désignant des concepts impliqués dans les modèles de la physique.

Or la capacité de l'élève à distinguer les objets-événements et les modèles pour établir plus facilement les relations mentionnées sur la figure 1, peut également passer par les mots utilisés pour décrire la situation matérielle ou pour la modéliser en termes de grandeurs physiques.

Ces difficiles mises en relation ne pourront être perçues et effectuées par l'élève que si l'enseignant utilise des termes différents pour décrire l'expérience et pour l'interpréter en termes du modèle de la physique.

Il est en particulier indispensable que le professeur soit vigilant dans son discours tant que les notions en jeu ne sont pas assimilées par l'élève.

Par exemple, en optique de première S, il est prudent de réserver les termes « lumière » ou « flux de lumière » à la description de l'expérience et d'utiliser les termes « rayons ou faisceaux de lumière » pour sa modélisation.

Ces précautions de langage conduisent à des formulations qui peuvent amener à allonger les phrases ou à les multiplier mais il faut l'accepter au moins dans les premiers temps de l'apprentissage des concepts en jeu. Cette précaution est moins indispensable, en terminale par exemple, lorsque ces notions sont déjà construites.

Par exemple, tant que la notion de puissance n'est pas assimilée, il est préférable de toujours l'associer, dans le discours, au transfert ou à la transformation d'énergie qu'elle décrit, formulation uniquement faite dans les termes d'un modèle. L'élève, à cause de la vie courante, a en effet trop tendance à l'associer à un objet ou un système et à croire que la puissance caractérise cet objet alors qu'elle caractérise en physique une relation entre deux systèmes. De plus, dans sa formulation, l'élève parle spontanément de « la puissance d'une lampe ou d'un moteur » mettant sur un même plan un concept et un objet.

En mécanique, lorsqu'on introduit la force, il est crucial de lui donner le statut d'un concept de la physique permettant de décrire précisément l'action d'un objet sur un autre. Le terme d'action est plutôt adapté pour décrire la situation matérielle, la force est son correspondant en termes de modèle. Ceci permet en particulier de limiter, en début d'enseignement, les formulations du type « la force agit sur cet objet » en disant plutôt « l'objet A agit sur l'objet B » et « on modélise cette action par la force exercée par l'objet A sur l'objet B ».

Cette nécessité d'être rigoureux dans le choix des mots et des tournures de phrases est d'autant plus importante que, trop souvent, les documents que l'élève est amené à lire n'ont pas été rédigés avec ce souci. Cette rigueur n'empêche évidemment pas d'utiliser, quand c'est possible, des termes qui fonctionnent à la fois pour décrire la situation et pour la modéliser (par exemple le terme action mais aussi vitesse, vibration...).

3. ET POUR GÉRER LA CLASSE ?

Les outils précédents sont effectivement utilisés, plus ou moins explicitement, dans les séquences d'enseignement proposées par les différents groupes de recherche-

développement s'étant succédés à Lyon depuis dix ans. Ils peuvent être mis en œuvre indépendamment des choix pédagogiques de l'enseignant. Cependant, nous listons ici quelques éléments permettant de gérer la classe et le travail des élèves, en faisant fonctionner au mieux les outils précédents. Seuls quelques points sont développés ici, on pourra consulter un document plus complet sur le site de SESAMES ⁽⁴⁾.

Ce qui suit se fonde sur les deux hypothèses d'apprentissage suivantes :

- ◆ l'élève doit s'approprier personnellement le savoir proposé dans l'enseignement ;
- ◆ il est essentiel que l'élève explicite oralement et par écrit ses réponses aux questions qu'on lui pose au cours des activités d'enseignement.

3.1. De l'articulation cours-TP aux activités

L'enseignement que nous proposons se fait par activités structurées au sein de différents chapitres qui reprennent tous les contenus des programmes en conservant généralement le même enchaînement. Ce choix a précédé la tendance actuelle de l'enseignement « par activités ». Les hypothèses d'apprentissage citées ci-dessus conduisent en effet à favoriser l'implication de l'élève. Ce dernier n'est pas pour autant livré à lui-même, mais guidé par des activités détaillées et structurées. Il ne s'agit donc pas de saupoudrer un enseignement basé sur du cours magistral d'activités de découverte ou de réflexion. Ce choix modifie évidemment l'articulation traditionnelle entre les « cours » et les « TP » que nous continuons à nommer ainsi pour des raisons légitimes d'habitude et de commodité. Mais la séance de TP n'est plus « à côté » du cours (comme vérification d'un résultat de cours ou introduction expérimentale à un nouveau sujet par exemple) mais elle est de même nature que les séances « de cours » du point de vue de l'apprentissage et de l'activité des élèves. Les deux types de séances s'enchaînent sans qu'il y ait forcément de rupture quant à la nature des connaissances à construire, et les élèves travailleront à deux aussi bien en classe entière qu'en demi-classe. C'est évidemment au cours des séances en demi-classe que les activités à caractère expérimental sont proposées et cela ne permet malheureusement pas toujours d'effectuer toutes les activités souhaitables. Les documents d'enseignement que nous proposons sont élaborés de telle façon que les activités à caractère expérimental alternent avec celles ne nécessitant pas de matériel et qui se déroulent donc prioritairement en classe entière.

Tout ceci conduit à un certain contrat entre le professeur et ses élèves. En particulier, au cours des activités, le professeur laisse du temps à ses élèves pour travailler de manière autonome, avec si nécessaire son aide. Ceci implique également d'instaurer des débats au sein de l'ensemble de la classe pour mettre au point un savoir finalement partagé par tous et décrivant le point de vue de la physique sur les situations étudiées.

La mise en place dans la classe de ce type de rapport entre le professeur et ses élèves est progressive et demande du temps. L'enseignant doit donner suffisamment d'informations sur sa façon de procéder, en particulier en début d'année, s'il veut que la classe y adhère.

(4) http://www2.ac-lyon.fr/enseigne/physique/sesame/gestion_de_classe.rtf

Enfin, la mise en œuvre d'un tel fonctionnement est favorisée par l'utilisation de documents qui rendent compte de la structure de l'enseignement. Pour chaque chapitre, au cours de l'enseignement que nous proposons, l'élève dispose de trois types de documents :

- ♦ **Des feuilles d'activités** comportant pour chaque activité le texte fourni par l'enseignant, les rédactions personnelles de l'élève (issues de son travail en binôme) et éventuellement d'une autre couleur, les ajouts issus de la mise en commun avec les autres groupes, la correction des erreurs faites ou les compléments apportés par le professeur à la fin de l'activité ou du chapitre.
- ♦ **La feuille « modèle »** présentant les éléments théoriques auxquels l'élève devra se référer pour modéliser les situations présentées. Ce document appelé « modèle ⁽⁵⁾ », contient les définitions des concepts utilisés, les relations entre grandeurs, les outils de modélisation... En lien avec la démarche de modélisation, nous considérons qu'il est essentiel que l'élève dispose d'un tel document. Il sert de référence commune à la classe, l'enseignant précise si une justification doit se faire à l'aide de ce texte ou non. Il est parfois difficile à l'enseignant de se contraindre à faire fonctionner le modèle dont l'élève dispose et à ne pas faire fonctionner inconsciemment un modèle plus complet. De plus ce modèle aide à l'élaboration d'un langage commun à la classe et facilite les débats entre élèves. Il est généralement lu progressivement au fur et à mesure des activités, certaines parties peuvent être complétées par les élèves à l'issue d'une activité.
- ♦ **Les feuilles de résolution des exercices.**

L'élève devra apprendre à gérer ces différents types de documents, et l'enseignant pourra être amené à l'y aider, en particulier au début.

3.2. Enjeu d'une activité

Pour initier la réflexion au cours d'une activité, il nous semble essentiel de bien préparer la façon dont la situation et son enjeu vont être présentés. Sans en dire trop, l'enseignant doit veiller à ce que cet enjeu soit bien compris et partagé par tous. Ceci peut consister par exemple en quelques phrases d'introduction de la situation, ayant pour objectif de légitimer les questions qu'on se pose à son sujet. Cette phase courte mais cruciale d'introduction peut par exemple s'appuyer sur des questions plus générales que se pose le physicien ou bien sur une question ayant émergé à la fin du chapitre précédent ou des questions de la vie du citoyen. Cette introduction ne vise pas à permettre aux élèves de donner la bonne réponse, mais vise à les aider à comprendre la question ou le problème proposé (voir § *statut de l'erreur ci-dessous*). Un bon moyen d'impliquer les élèves est de leur demander de faire une prévision en prenant clairement position. L'implication est facile à obtenir lorsque la classe sait que la réponse va être donnée « par l'expérience » dans les minutes qui suivent.

(5) Ce texte appelé « modèle » s'apparente souvent, mais pas toujours, à un essentiel de cours.

3.3. Statut de l'erreur

Nous encourageons les élèves à ne pas se censurer sous prétexte qu'ils ne sont pas sûrs de leur analyse. L'erreur est une étape quasi inévitable, elle peut être riche d'enseignement et profite à la classe entière.

Lorsque les élèves partagent un savoir commun, après débat entre eux ou avec le professeur, ils observent bien souvent des décalages entre leurs productions et ce savoir « institutionnalisé ». Ce décalage les conduit le plus souvent à considérer que ce qu'ils ont écrit est faux, constitue une erreur. Ils ont pu par exemple faire une prévision qui ne s'avère pas vérifiée ou bien ils n'ont pas utilisé judicieusement le modèle dont ils disposent. Leur pratique habituelle et le statut que l'institution scolaire donne à l'erreur les conduisent alors à vouloir faire disparaître cette production.

Il nous paraît au contraire essentiel qu'ils gardent la trace écrite de cette production, constructrice de sens et qui rend compte (plus ou moins précisément) de leur réflexion, et qu'ils comprennent en quoi elle est intéressante pour leur apprentissage. Nous nous efforçons pour notre part de vérifier que les élèves n'effacent ou ne gommant pas leurs productions mais les commentent ou les annotent (avec une autre couleur par exemple).

3.4. Coopération et argumentation, débat et institutionnalisation

Nous favorisons le plus souvent le travail à deux, parfois à trois ou quatre, ce qui n'exclut pas des phases de réflexion personnelle. Suit alors généralement une phase de débat entre groupes, gérée par le professeur, qui doit pouvoir déboucher sur le partage d'un savoir commun déjà évoqué. Le texte « modèle » joue alors un rôle crucial dans cette phase « d'institutionnalisation ». On trouvera davantage de détails et d'arguments sur ces sujets dans le document déjà cité.

CONCLUSION

Parmi les nombreuses explications que l'on peut donner à la désaffection pour l'enseignement des sciences, nous avons privilégié celles qui sont de la responsabilité des acteurs de cet enseignement. La physique est perçue comme difficile et déroutante par les élèves. Nous considérons qu'il est possible de réduire ces difficultés et de limiter ce caractère déroutant en intégrant deux nouveaux points de vue à notre enseignement.

Le premier concerne la façon dont la physique fonctionne du point de vue de la modélisation. Cela consiste alors à aider les élèves à distinguer les objets et événements d'une part et les théories et modèles qui en rendent compte d'autre part. Les élèves doivent alors comprendre que l'activité essentielle du physicien réside dans la mise en relation entre les deux.

Le second concerne l'inévitable confusion entre le savoir de la physique et l'ensemble des points de vue spontanés qui fonctionnent dans la vie courante, confusion souvent entretenue par l'usage de mots dont les sens varient beaucoup selon le contexte

quotidien ou *physique*. Cela consiste alors à réduire le plus possible cette confusion en pointant les écarts de façon à ce que les élèves apprennent à être vigilants et finissent par avoir conscience que le seul savoir auquel ils doivent se référer, *in fine* en classe de physique, est celui de la physique.

Chacun de ces points de vue nous semble appeler des pistes de réflexion pour de nouvelles modalités d'enseignement et qui peuvent être intégrées relativement facilement par tout enseignant de physique pour aider ses élèves. L'exercice de la vigilance accrue que nécessitent ces outils (en particulier sur le sens des mots et sur la distinction entre situation matérielle et modèle) nous semble cependant être plus facile s'il s'accompagne de quelques règles simples de gestion de classe, basées sur la coopération entre élèves, la prise en charge par l'élève de sa propre construction de savoir ou encore sur l'articulation entre l'écrit et l'oral.

Il reste que ces outils tendent à expliciter, pour les élèves, certains aspects du fonctionnement des connaissances en physique. La densité des contenus actuels, en particulier au lycée, rend cet exercice difficile à gérer dans le temps. On ne peut qu'espérer que de tels aspects fassent un jour explicitement partie des compétences exigibles mentionnées dans les textes officiels.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] GAIDIOZ P. et al. (à paraître) *Conception et analyses d'activités pour la formation scientifique*. Rapport final du projet INRP n° 30214.
- [2] GAIDIOZ P. et TIBERGHIE A. Un outil d'enseignement privilégiant la modélisation. *Bull. Un. Phys.*, janvier 2003, vol. 97, n° 850, p. 71-83.
- [3] TIBERGHIE A., VEILLARD L., LE MARÉCHAL J.-F., BUTY C. et MILLAR R. H. An analysis of labwork tasks used in science teaching at upper secondary school and university levels in several European countries. *Science Education*, 2001, 85, p. 483-508.
- [4] VIENNOT L. *Raisonnement en physique, la part du sens commun*. De Boeck Université, coll. Pratique pédagogiques, 1996.
- [5] <http://atilf.inalf.fr/tlfrv3.htm>

SUR LA TOILE

- ♦ <http://www2.ac-lyon.fr/enseigne/physique/sesames>
- ♦ <http://www.inrp.fr/pegase>

Outre les auteurs, le pôle lyonnais du groupe OUTILS (1998-2001) était composé des personnes suivantes, qui ont contribué à la réaction de cet article :

Christian BUTY, Maître de conférences Université Lyon1, ICAR, groupe COAST (69) ;

Claudine GUETTIER, Lycée Branly, Lyon (69) ;
 Olivier JEAN-MARIE, Lycée Aragon, Givors (69) ;
 Jean-François LE MARÉCHAL, Maître de conférences ENS Lyon, ICAR, groupe COAST (69) ;
 Marie-Odile MARTINEU, Lycée Faÿs, Villeurbanne (69) ;
 Anne-Marie MIGUET, Lycée Saint-Exupéry, Lyon (69) ;
 Marie-Paule STROBEL, Lycée Faÿs, Villeurbanne (69) ;
 Danielle VINCENT, Lycée Camus, Rilleux-la-Pape (69).

La rédaction de cet article a également bénéficié des conseils des personnes suivantes :

Ludovic ARNAUD, Lycée Doisneau, Vaulx-en-Velin (69) ;
 Didier COINCE, Lycée Parc Chabrières, Oullins (69) ;
 Lionel MATHEVET, Lycée Saint-Just, Lyon (69) ;
 Serge PELLISIER, Université Jean Monnet, Saint-Étienne (42) ;
 Stéphane PERREY, Lycée Brossolette, Lyon (69) ;
 Hélène PRUVOT, Lycée Descartes, Saint-Genis-Laval (69) ;
 Karine ROBINAULT, maîtresse de conférence à l'INRP, ICAR, groupe COAST (69) ;
 Laurent TOIX, étudiant en DEA de didactique au sein du groupe COAST.



Pierre GAIDIOZ

Professeur au Lycée Édouard Branly à Lyon (Rhône), coordonne depuis de nombreuses années des projets de recherche-actions avec l'équipe COAST, grâce au soutien financier de l'INRP.



Jacques VINCE

Professeur au Lycée Ampère à Lyon (Rhône), détaché à mi-temps auprès de l'INRP, coordonne depuis quelques années des projets de recherche-actions avec l'équipe COAST.



Andrée TIBERGHIE

Directrice de recherche au CNRS, s'est orientée en 1972 vers la didactique, sa formation initiale (thèses troisième cycle et d'état) étant en physique des solides. Actuellement responsable du groupe COAST (Communication et apprentissage des savoirs scientifiques et techniques) de l'UMR ICAR (Interactions, Corpus, Apprentissages, Représentations), elle a la responsabilité du DEA « Didactiques et Interactions » de l'université Lyon 2. Elle assure la responsabilité de plusieurs projets menés conjointement avec des enseignants.